



---

**Dokumentation**

---

**Methanverluste entlang der Prozesskette von Flüssiggas (LNG)**

**Methanverluste entlang der Prozesskette von Flüssiggas (LNG)**

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 – 050/18  
Abschluss der Arbeit: 18.6.2018  
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und  
Forschung

---

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

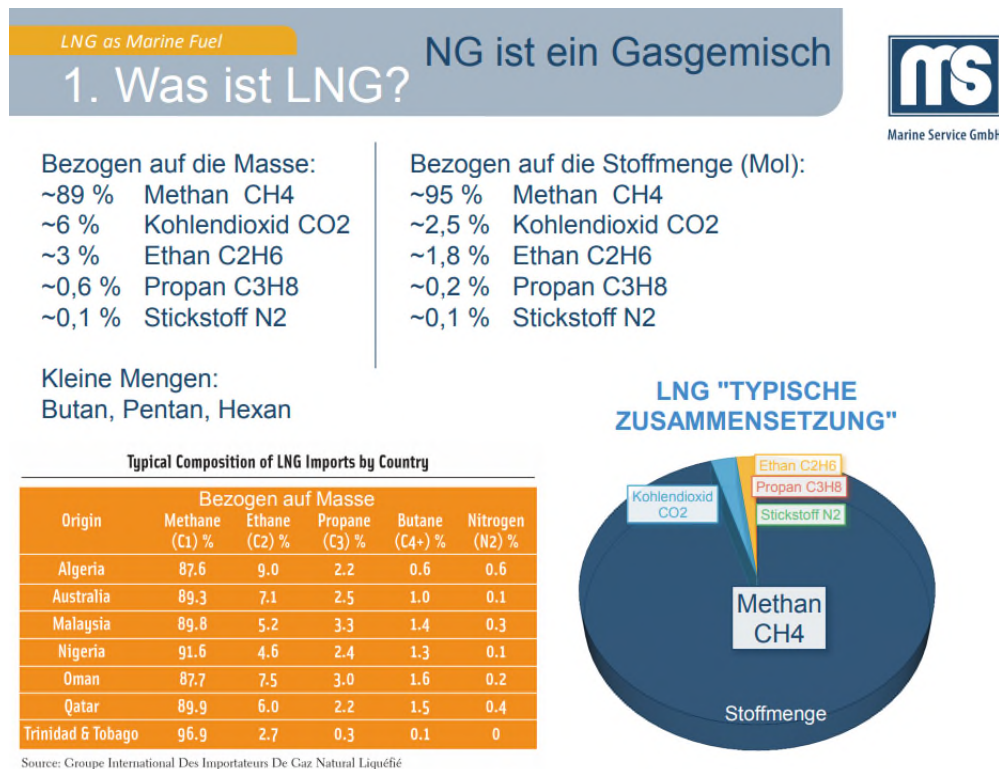
**Inhaltsverzeichnis**

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Methanverlust</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Einheiten</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Prozessketten und Bereitstellungspfade</b>	<b>6</b>
4.1.	Methanemissionen einzelner Prozesskomponenten	7
4.2.	Beispiel Methan-Emissionen bei der Gasförderung	13
4.3.	Beispiel Methan-Emissionen in der Schifffahrt	14
<b>5.</b>	<b>Anlagen</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>Quellen</b>	<b>17</b>

## 1. Einleitung

Flüssiggas (LNG) besteht aus etwa 90 Prozent Methan (CH<sub>4</sub>), das als Treibhausgas etwa 25-mal so klimawirksam ist wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), allerdings auch deutlich kürzer in der Atmosphäre verbleibt als CO<sub>2</sub>. Hauptnutzungsart von LNG ist derzeit die stationäre Energieerzeugung, insbesondere überall dort, wo Verbraucher nicht über Pipelines mit dem Gas beliefert werden können. Verwendung findet LNG als Treibstoff auf Schiffen, es kann aber auch für LKW, Busse oder PKW eingesetzt werden. Als Speicher regenerativer Energien kommt LNG beispielsweise beim Power-to-Gas - Verfahren zur Anwendung.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die durchschnittliche Zusammensetzung des Flüssiggases bezogen auf die Masse bzw. Stoffmenge und Beispiele für die typische Zusammensetzung von Gasen aus verschiedenen Herkunftsländern.<sup>1</sup>



Innerhalb der gesamten Prozesskette kommt es zu Methanverlusten verschiedener Art, wie z.B. Umwandlungsverlusten oder Leckagen an den Pipelines, Tanks oder Ventilen. Nicht nur die För-

1 Sagroll, W., Marine Service GmbH (2015). "LNG Lagerung und Transport", <http://www.bto-consulting.com/4media/download/MarineServiceBTOConference2015.pdf>

derung, sondern auch der Bunkervorgang (das Beladen) ist anfällig für unbeabsichtigt entweichendes Methan. Ein „Glossary“ zu Methan und Methanemissionen erklärt die wichtigsten Aspekte und das „Factsheet“ liefert einen komprimierten Überblick zu Methanemissionen.<sup>2</sup>

Der folgende Text enthält Literaturhinweise zur Betrachtung von Methanverlusten entlang verschiedener Prozessketten des Flüssiggases bis hin zu verschiedenen Endverbrauchern.

## 2. Methanverlust

„Entweichendes Methan wird als Methanschluß bezeichnet. Liegt dieser Schluß bei null, ist die Treibhausgasbilanz von LNG klar vorteilhaft gegenüber der Verwendung von Schweröl oder Diesel. Bezogen auf den Brennwert wird bei der Verbrennung von Methan gegenüber Diesel etwa 28 Prozent weniger CO<sub>2</sub> erzeugt. Derzeit liegt die Verbesserung der Treibhausgasbilanz von LNG durchschnittlich bei etwa acht Prozent gegenüber dem Einsatz von Diesel oder Schweröl. Der Methanschluß muss niedrig gehalten werden, damit der positive Effekt nicht ins Gegenteil verkehrt wird. Dem Entweichen von Methan kommt dabei eine besondere Rolle zu, und zwar nicht nur durch Leckagen bei Betankung und Transport, sondern auch durch technisch bedingten Methanschluß von Verbrennungsmotoren. Die Verbrennung von LNG in herkömmlichen Verbrennungs- oder auch Dual-Fuel-Motoren zieht immer Methanschluß mit sich, welcher allerdings durch gezielte Steuerung oder zukünftig auch durch Katalysatoren minimiert werden kann.“<sup>3</sup>

## 3. Einheiten

Die Einheiten für Mengenangaben werden meist als Gramm CO<sub>2</sub> – Äquivalent pro Kilowattstunde angegeben. Wobei der Zeitraum für die Quantifizierung, aufgrund der unterschiedlichen Klimawirksamkeit von Kohlendioxid und Methan, meist 100 Jahre betrifft.<sup>4</sup> Balcombe geht in einem Vortrag, veröffentlicht auf der Seite der VN-Organisation UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), auf die Berücksichtigung der Klimawirksamkeit beider Gasemissionen näher ein.<sup>5</sup>

---

2 The global oil and gas industry association for environmental and social issues (IPIECA) (2018). „Methane Glossary“, <http://www.ipieca.org/resources/awareness-briefing/methane-glossary/>

The global oil and gas industry association for environmental and social issues (IPIECA) (2015). „Exploring methane emissions“, <http://www.ipieca.org/resources/fact-sheet/exploring-methane-emissions/>

3 Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. (2016), „LNG als Schiffstreibstoff“, <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/161125-nabu-position-lng.pdf>

4 Sustainable Gas Institute (SGI) (2015). „Understanding methane and carbon dioxide emissions from the natural gas supply chain“, [http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2015/09/SGI\\_Briefing\\_Sheet\\_methane-and-CO2-emissions-in-the-supply-chain.pdf?noredirect=1](http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2015/09/SGI_Briefing_Sheet_methane-and-CO2-emissions-in-the-supply-chain.pdf?noredirect=1)

5 Balcombe, P., Sustainable Gas Institute (SGI) (2016). „Methane emissions from the natural gas supply chain“, UNECE, 3rd Session Group of Experts on Gas, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3\\_April.2016/21pm/7\\_Balcombe.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3_April.2016/21pm/7_Balcombe.pdf), Folie 13

#### 4. Prozessketten und Bereitstellungspfade

In diesem Kapitel sind ausgewählte Teil- und Gesamtbetrachtungen von Prozessketten zusammengefasst. Die nachstehenden Diagramme beschreiben exemplarisch mögliche Prozessschritte für Erdgas bzw. Flüssiggas<sup>6</sup>

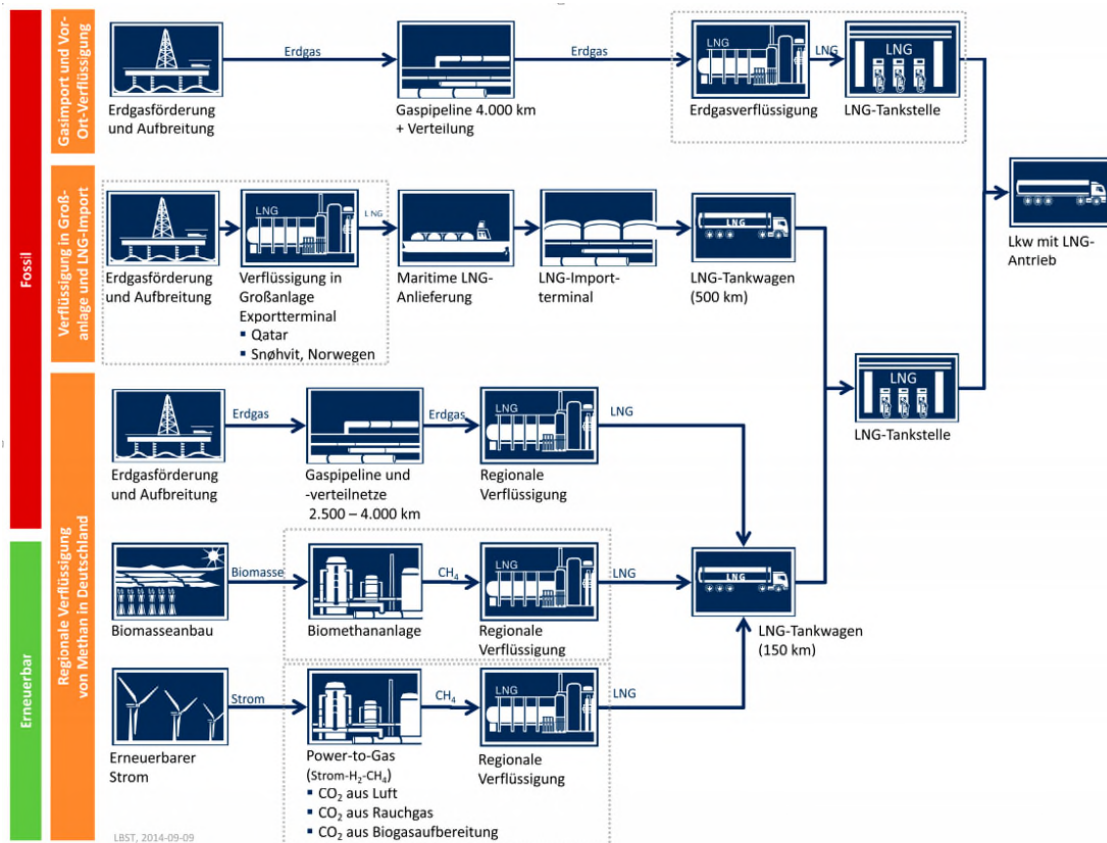
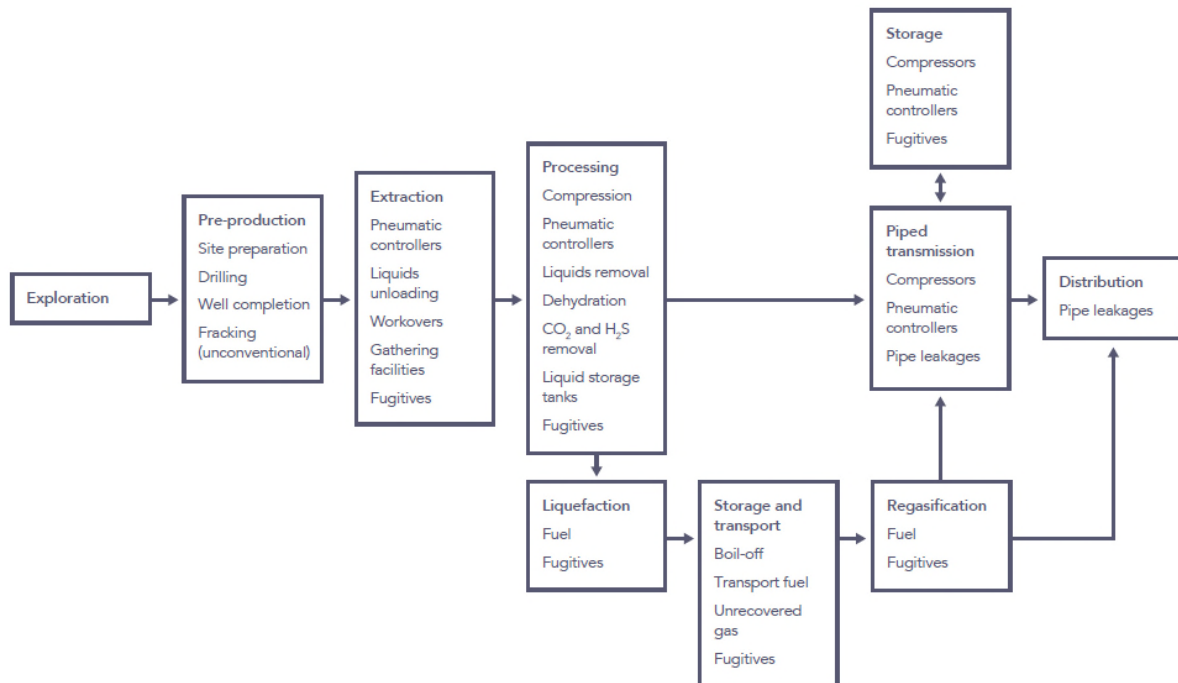


Abbildung 4: Überblick über die untersuchten LNG-Bereitstellungspfade (LBST, 2014)

6 Sustainable Gas Institute (SGI) (2015). „Methane and CO2 emissions from the natural gas supply chain“, Download über [WWW.SUSTAINABLEGASINSTITUTE.ORG/WHITE-PAPER-1](http://WWW.SUSTAINABLEGASINSTITUTE.ORG/WHITE-PAPER-1)

Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA) (2014). „LNG in Deutschland Flüssigerdgas und erneuerbares Methan im Schwerlastverkehr“, [http://www.lbst.de/download/2014/LNG in Deutschland Fluessigerdgas und erneuerbares Methan im Schwerlastverkehr.pdf](http://www.lbst.de/download/2014/LNG_in_Deutschland_Fluessigerdgas_und_erneuerbares_Methan_im_Schwerlastverkehr.pdf)

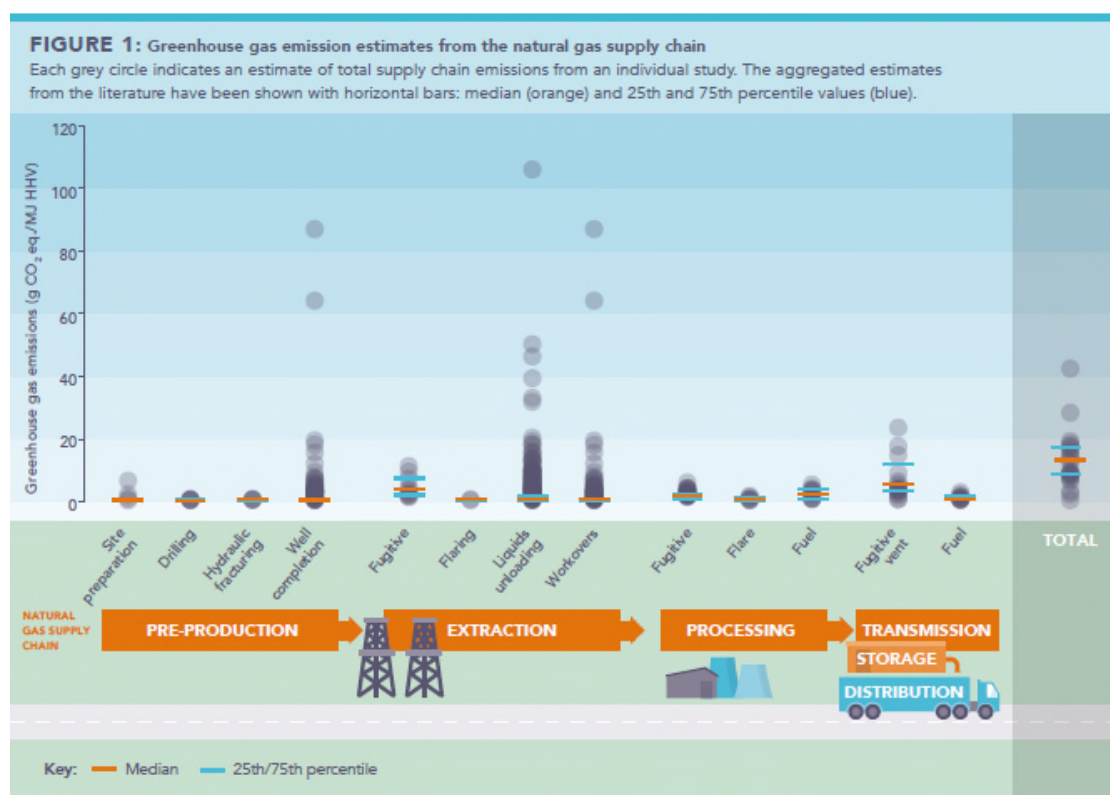


#### 4.1. Methanemissionen einzelner Prozesskomponenten

Im Folgenden sind Quellen zu ausgewählten Beispielen von Methanemissionen einzelner Prozesskomponenten bzw. -schritte aufgelistet. Die Autoren machen zum Teil konkrete Zahlenangaben oder veröffentlichen die Beiträge der Prozesskomponenten in Prozentangaben. Wobei die Autoren nicht nur die Flüssiggas-Prozesskomponente betrachten, sondern auch die Vorketten einbeziehen.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Gasemissionen einzelner Prozesselemente. Die Autoren haben in ihrer Studie über 250 Veröffentlichungen zu CO<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Emissionen ausgewertet und die Ergebnisse zusammen getragen. Die Zusammenfassung liefert Werte und Verhältnisse zu Emissionen unterschiedlicher Prozessschritte und deren Einsparpotential.<sup>7</sup>

7 Sustainable Gas Institute (SGI) (2015). "Understanding methane and carbon dioxide emissions from the natural gas supply chain", [http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2015/09/SGI\\_Briefing\\_Sheet\\_methane-and-CO2-emissions-in-the-supply-chain.pdf?noredirect=1](http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2015/09/SGI_Briefing_Sheet_methane-and-CO2-emissions-in-the-supply-chain.pdf?noredirect=1)



Die folgende Tabelle<sup>8</sup> etwas älteren Datums zeigt Erdgasbereitstellung für verschiedene Herkunftsländer. Die Autoren haben die Daten aus der Vorkette, die auch die Vorkette der einzelnen Länder beinhaltet, zu Gesamtemissionsfaktoren je bereitgestellter Endenergie zusammengefasst.

**Tabelle 2** Treibhausgasemissionen der Erdgasbereitstellung im Jahr 2005 (ohne Nutzung der Energieträger)

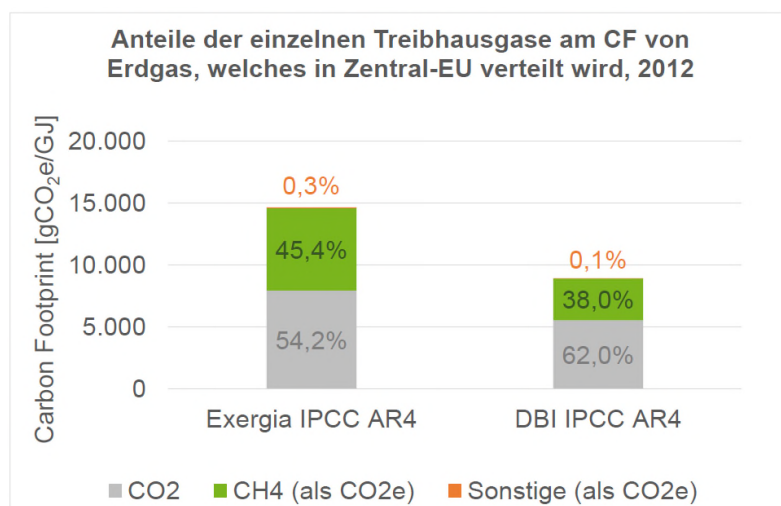
Option [g/kWh <sub>end</sub> ]	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Erdgas aus DE	9,6	6,9	0,12	0,000
Erdgas aus RU	67,8	36,0	1,37	0,001
Erdgas aus NL	9,6	5,4	0,18	0,000
Erdgas aus NO	13,9	9,1	0,20	0,000
LNG aus DZ	46,3	36,1	0,43	0,002
Erdgas-mix frei KW/IN	31,8	18,1	0,58	0,001
Erdgas-mix frei HH-KV	42,9	18,3	1,06	0,001
Erdgas (CNG) frei Tankstelle	51,5	27,0	1,05	0,001

Quelle: GEMIS 4.4

8 Öko-Institut e.V. für Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW) (2007). Kurzbericht „Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorketten“, [http://iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/GEMIS/2007\\_thg\\_fossil\\_BGW.pdf](http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2007_thg_fossil_BGW.pdf)



Das folgende Beispiel zeigt einen Vergleich von Methanverlusten für Prozesselemente der Vorketten. Die erste Grafik zeigt den Anteil von Methan am CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Erdgas für das Jahr 2012 für zwei verschiedene Studien, vom internationalen Energieberatungsunternehmen Exergia und dem Freiburger Unternehmen Gas- und Umwelttechnik GmbH, DBI. Aus der zweiten Grafik erhält man einen Eindruck über die Höhe der Beiträge einzelner Prozessschritte.<sup>9</sup>

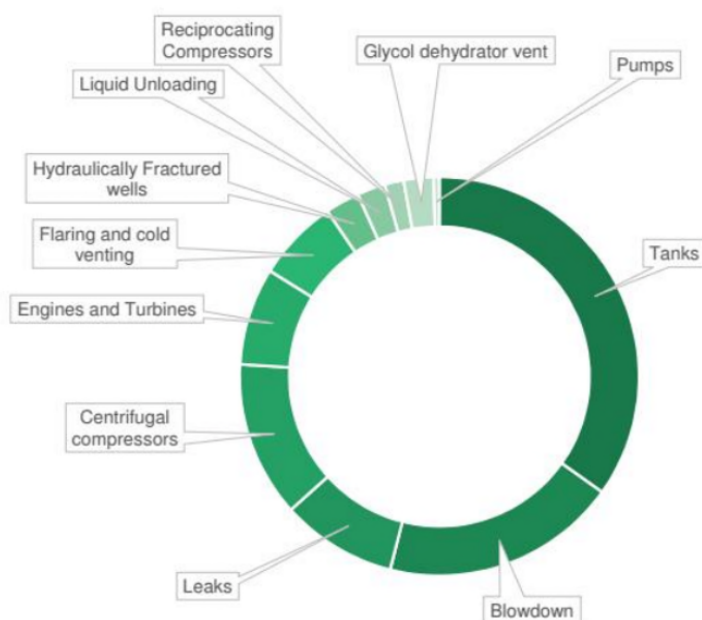


		Carbon Footprint von Erdgas, welches in Zentral-EU verteilt wird [gCO <sub>2</sub> e/GJ]		
Jahr	2012			
Quelle	EXERGIA	DBI	Abweichung	
Gastransport, Speicherung und Verteilung innerhalb Zentral-EU	2.804	1.760	<b>-37,2%</b>	
Gastransport bis zur Außengrenze von Zentral-EU	8.287	4.822	<b>-41,8%</b>	
Gasproduktion	3.352	2.105	<b>-37,2%</b>	
Entfernung von CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	201	235	<b>16,9%</b>	
<b>Total</b>	<b>14.644</b>	<b>8.922</b>	<b>-39,1%</b>	

9 DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (2016). Folienvortrag „Carbon Footprint von Erdgas – Kritische Überprüfung der Default-Werte der Treibhausgasvorkettenemissionen von Erdgas“, Download über: [http://www.dbi-gut.de/emissionen.html?file=files/HIPS\\_net/Emissionen/.../Presentation](http://www.dbi-gut.de/emissionen.html?file=files/HIPS_net/Emissionen/.../Presentation), Folie 12 und 20

In der Arbeit wird auf die verschiedenen Studien näher eingegangen: Wissenschaftliche Dienste (2014). „CO<sub>2</sub>-Bilanzen – Einzelfragen zu Energieträgern, insbesondere Flüssiggas“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-003/18

Eine Kuchengrafik zeigt beispielsweise, wie sich Methanverluste auf einzelne Prozessschritte anteilig aufteilen.<sup>10</sup>



Gasverluste und Life-Cycle-Analysen aus dem Jahre 2015 liefern weitere Zahlenbeispiele einzelner Prozessphasen.<sup>11</sup>

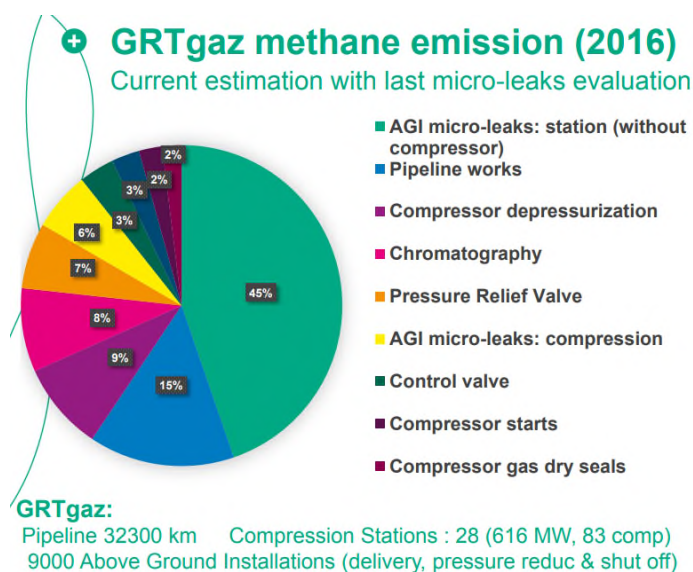
Ein kürzlich durchgeführter Workshop der Europäischen Wirtschaftskommission der VN (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) hatte ebenfalls die Reduzierung von Methanemissionen zum Thema.<sup>12</sup>

Ein Vortrag zu einer aktuellen Projektbeschreibung behandelt die Methanemissionen von nordamerikanischen und europäischem Gas und ihren Anteilen in der Prozesskette.<sup>13</sup> Die Prozesskette bei der Öl- und Gasproduktion wird auch in Upstream, midstream und downstream unterteilt.

- 
- 10 Darani, H., Carbon Limits AS (2016). „Experience with methane emission mitigation in Eurasia”, UNECE, 3rd Session Group of Experts on Gas, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3\\_April.2016/21pm/5\\_Darani.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3_April.2016/21pm/5_Darani.pdf), Folie 8
  - 11 International Gas Union (2015). “World Gas Conference 2015” Programme Committee D.4 Study Group Report “Life Cycle Assessment of LNG”, [http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field\\_file/LNGLifeCycleAssessment.pdf](http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/LNGLifeCycleAssessment.pdf), Seite 24
  - 12 UNECE (2018). Linkliste der Workshopbeiträge “Workshop on reducing methane emissions from the gas sector”, <https://www.unece.org/index.php?id=48273>
  - 13 Haugland, T., Drabik, M., UNECE Carbon Limits (2018). “UNECE Best Practice Guidance on Reducing Methane Emission”, “Methane Management in Extractive Industries (Upstream Oil and Gas / Downstream Gas)”, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Torleif\\_Haugland\\_Michal\\_Drabik.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Torleif_Haugland_Michal_Drabik.pdf), Folie 5,6

Upstream beschreibt den Teil der Förderung, downstream den Teil der Veredelung und mid-stream den Transport und die Lagerung.

Ein Teil der Vorträge liefert auch Größenordnungen für Methanemissionen z.B. in Abhängigkeit von den Prozessschritten.<sup>14</sup> Im Folgenden sind weitere Beispiele aus dem Workshop aufgeführt. Das nachfolgende Beispiel zeigt den prozentualen Anteil von Lecks für die einzelnen Komponenten beim Pipeline-Transport.



Ein weiteres Beispiel für die Verteilung von Methan-Emissionen in Abhängigkeit von der Leck-Quelle zeigt auch, dass die Methan-Emissionen im internationalen Vergleich für Nordamerika deutlich über denen der anderen Herkunftsländer liegen, was u.a. wohl auch an der Förderart, z.B. dem Fracking, liegen kann.<sup>15</sup>

14 Seuret, B., GRT gaz, UNECE (2018). "A TSO proactive approach to cut down methane emissions", [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Tdt\\_GRTgaz\\_Bertrand.Seuret.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Tdt_GRTgaz_Bertrand.Seuret.pdf), Folie 2

15 UNECE (2018). "Workshop on reducing methane emissions from the gas sector", [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Tdt\\_Kamila.Piotrowska\\_IOGP.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Tdt_Kamila.Piotrowska_IOGP.pdf), Folie 4

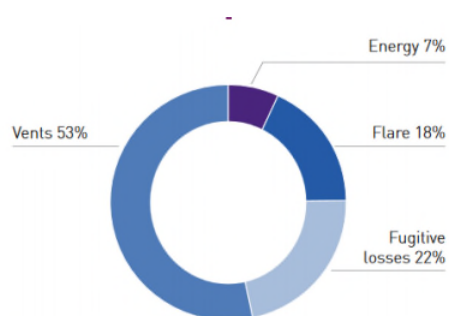


Figure 11: CH<sub>4</sub> emissions by source – 2016

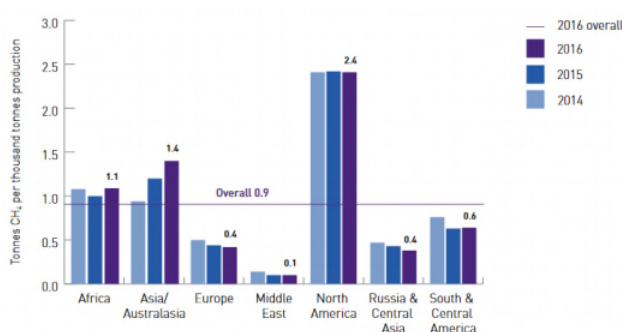


Figure 10: CH<sub>4</sub> emissions per unit of hydrocarbon production (by region)

4

Ein Beitrag dieses Workshops liefert Emissionswerte in verschiedenen Einheiten für unterschiedliche Prozessschritte.<sup>16</sup>

CH <sub>4</sub> emissions in 2015 ...	... from the EU28 grid	... expressed in CO <sub>2</sub> equivalent	... related to the EU28 gas sales <sup>1</sup>	... related to the total of anthropogenic <sup>2</sup> GHG emissions in EU28
	[Tons CH <sub>4</sub> ]	[Tons CO <sub>2</sub> equi]	[Tons CH <sub>4</sub> / Tons NG sold]	[Tons CO <sub>2</sub> equi / Tons CO <sub>2</sub> equi]
LNG Terminals	4.700	131.600	0,002 %	0,003 %
Underground Gas Storages	38.000	1.064.000	0,01 %	0,02 %
Transmission	133.000	3.724.000	0,05 %	0,08 %
Distribution	339.000 <sup>3</sup>	9.492.000	0,12 %	0,21 %
<b>Total</b>	<b>514.700</b>	<b>14.411.600</b>	<b>0,18 %</b>	<b>0,32 %</b>

16 Marcogaz, UNECE (2018). „Industry workshop on reducing methane emissions from the gas sector“, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Tdt\\_R.Kenter\\_Benjamin.deVille.de.Goyet\\_Marcogaz.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Tdt_R.Kenter_Benjamin.deVille.de.Goyet_Marcogaz.pdf), Folie 2

## 4.2. Beispiel Methan-Emissionen bei der Gasförderung

Erdgas wird durch Bohrungen in reinen Erdgasfeldern oder als Nebenprodukt bei der Erdölförderung gewonnen. Es gibt konventionelle und unkonventionelle Lagerstätten. Erdgas steht meist unter Druck und entweicht, sobald die Quelle angezapft ist, fast von allein. In unkonventionellen Lagerstätten muss Erdgas in der Regel mit hohem Aufwand, wie z.B. beim Fracking, gefördert werden.

Messungen haben ergeben, dass Leckagen der Gasförderung mittels Fracking deutlich höher liegen als bisher von den Förderunternehmen angegeben.<sup>17</sup> Die Autoren zitieren Ergebnisse einer Arbeit, die im Jahr 2012 atmosphärische Messungen mit Flugzeugen durchgeführt haben und Gasleckagen von 55 Tonnen Methan pro Stunde gemessen hatten.<sup>18</sup> Allerdings wurde auf dem Feld in Utah (US) nicht nur Gas, sondern auch Öl gefördert. Weitere Messungen sollten zeigen, ob die Messungen Ausreißer waren oder nicht.

In einer Studie des NOAA beschreiben die Autoren Literaturlauswertungen und Schätzungen zu weltweiten Methanemissionen. Dabei wurde aufgrund des Isotopenverhältnisses unterschieden, ob die Methanemissionen aus der Förderung, natürlichen geologischen Quellen, mikrobiellen Aktivitäten oder bei der Biomasse-Verbrennung entstehen. Die Schätzungen ergeben etwa 60 Prozent höhere Werte als bisher.<sup>19</sup>

Ein umfangreicher Aufsatz beschreibt die Quellen der Methanemissionen von unkonventioneller Öl- und Gasproduktion und zeigt beispielsweise in einer Grafik, dass die höchsten Emissionen von einer geringen Anzahl von Leckagen stammen.<sup>20</sup>

---

17 Wissenschaftliche Dienste (2014). „Erdgasverluste bei der Erdgasförderung“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-095/14

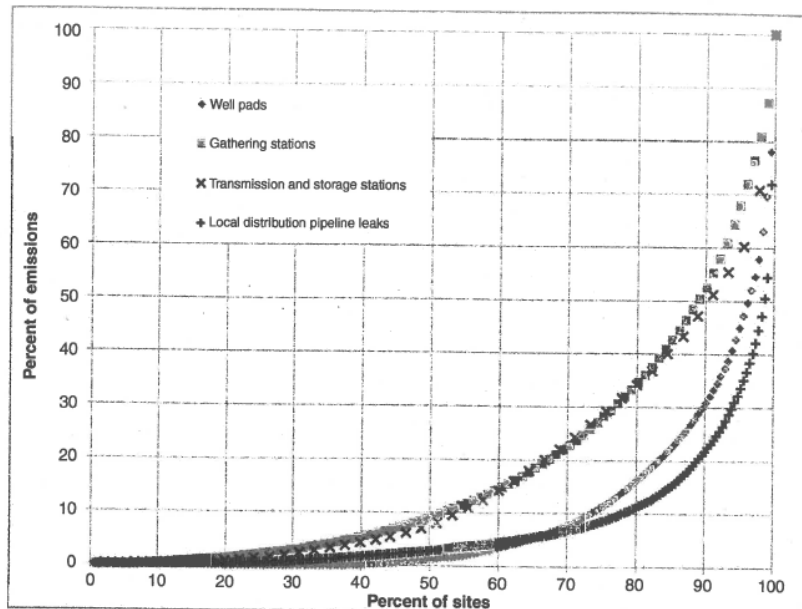
Löfken, Jan (2013). „Klimarisiko Erdgas: Methanleckagen bei Gasförderung größer als vermutet“, Wissenschaft aktuell vom 19.08.2013, [http://www.kpz-solar.de/pp/Klimarisiko\\_Erdgas.pdf](http://www.kpz-solar.de/pp/Klimarisiko_Erdgas.pdf)

18 Karion, A. et al. (2013). „Methane emissions estimate from airborne measurements over a western United States natural gas field“, Geophysical Research Letters, Vol. 40, 4393–4397, DOI: 10.1002/grl.50811, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/grl.50811>

19 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2016). „Study finds fossil fuel methane emissions greater than previously estimated“, <http://www.noaa.gov/media-release/study-finds-fossil-fuel-methane-emissions-greater-than-previously-estimated>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Monitoring-System: CarbonTracker-CH4: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker-ch4/summary.html>

20 Lyon, D. R. (2016). „Methane Emissions from the Natural Gas Supply Chain“, in „Environmental and Health Issues in Unconventional Oil and Gas Development“, Elsevier Inc., Amsterdam, Seite 42 ff. Eine Beschreibung einiger untersuchter Studien dieser Übersichtsarbeit und weitere finden sich im „Literaturüberblick amerikanischer Studien zum Thema Hydraulic Fracturing“ der Wissenschaftlichen Dienste (2018). Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-004/18

**FIGURE 3.2**

**Facilities have highly skewed emission rate distributions with a small fraction of sites accounting for the majority of emissions.**

Emission rate distributions from four source types are plotted as percent of sites in ascending order of emission rate versus percent of total emissions from sites at or below that rank. For example, the lowest emitting 50% of well pads contribute 1% of total emissions from measured sites, while the highest emitting 10% contribute 69% of total emissions. Data are from four recent studies. Sources: Rella et al. (2015); Subramanian et al. (2015); Mitchell et al. (2015); Lamb et al. (2015).

Beispiele für spezielle Emissionswerte, die während der Steinkohleförderung (CSG) entstehen, haben Autoren im Rahmen einer Literaturstudie für die Herkunftsorte Nordamerika und Australien zusammengefasst.<sup>21</sup>

#### 4.3. Beispiel Methan-Emissionen in der Schifffahrt

Beispiel für Methanleckagen für verschiedene Bunkerungswege in der Schifffahrt zeigen die nachfolgende Grafiken und Tabellen.<sup>22</sup>

21 Saddler, H. Pitt & sherry, (2012). „Review of literature on international best practice for estimating greenhouse gas emissions from coal seam gas production”, <https://www.environment.gov.au/system/files/re-sources/d7e4309d-676d-4d41-9b66-44e05e2b777e/files/coal-seam-gas-literature-review-2012.pdf>, Seite 12

22 Lowell, D., Wang, H., Lutsey, N. The International Council on Clean Transportation (icct) (2013). White Paper “Assessment of the fuel cycle impact of liquefied natural gas as used in international shipping”, [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTwhitepaper\\_MarineLNG\\_130513.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTwhitepaper_MarineLNG_130513.pdf)



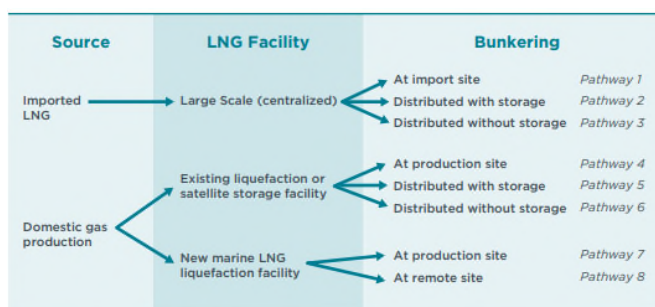


Figure 3: Analyzed LNG marine vessel bunkering pathways

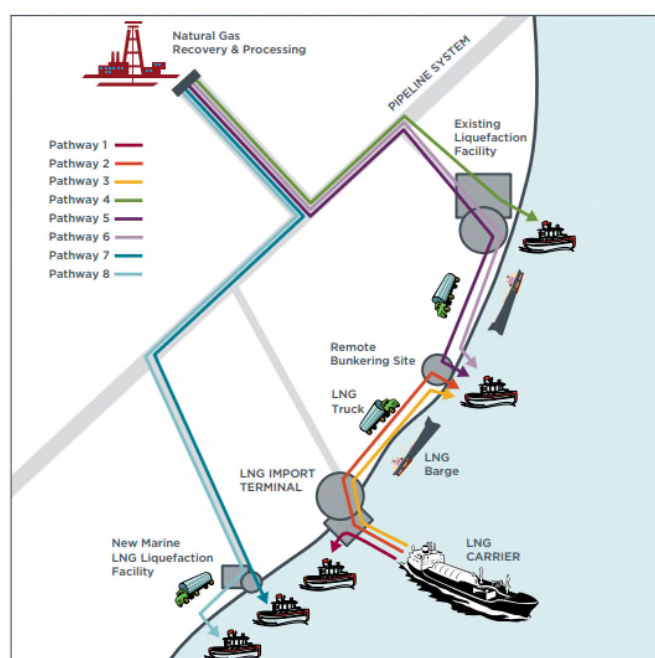


Figure 4: Illustration of LNG marine vessel bunkering pathways

Table 3: Summary of well-to-water GHG emissions from eight liquefied natural gas marine fuel bunkering pathways under existing practices

	GHG emissions (gCO <sub>2</sub> e/MJ) by bunkering pathway							
	1	2	3	4	5	6	7	8
CO <sub>2</sub> from vessel operation	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4
CO <sub>2</sub> from energy upstream	11.5	11.8	11.8	19.2	19.5	19.5	11.0	11.4
CH <sub>4</sub> from vessel operation	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
CH <sub>4</sub> leakage from bunkering	0.0	4.5	1.1	0.0	4.3	1.1	0.0	1.1
CH <sub>4</sub> leakage from upstream	1.6	1.6	1.6	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
<b>Total GHG emissions</b>	<b>72.1</b>	<b>76.9</b>	<b>73.5</b>	<b>87.7</b>	<b>92.3</b>	<b>89.1</b>	<b>79.5</b>	<b>81.0</b>
Percentage of GHG from CH <sub>4</sub> emissions	17	22	18	23	26	24	25	26
Overall CH <sub>4</sub> emission rate (percentage of delivered natural gas)	2.7	3.7	3.0	4.5	5.4	4.7	4.5	4.7
GHG percentage change from conventional distillate and residual marine fuels	-18	-13	-17	-0.5	4.8	1.1	-9.8	-8.1

Die möglichen Ursachen für Methanschleupf beschreibt ein Vortrag an der Hochschule Emden Leer über Erdgas-Antriebsanlagen an Bord von Schiffen.<sup>23</sup>

In einem anderen Vortrag gibt der Autor den Methanschleupf für Lagerung und Schiffstransport des LNG mit ca. 0,5 bis 5 Prozent an.<sup>24</sup>

Die nachfolgende Tabelle zeigt die klimarelevanten Anteile der Vorlieferkette (Well-to-Tank). Für verschiedene Bezugsquellen des LNG wird der Einfluss des Methanschleupfes quantitativ angegeben. Die Spalte ganz rechts stellt die Gesamt-CO<sub>2</sub>-Äquivalenz der Produktion dar.<sup>25</sup> In einem Vortrag veranschaulichen die Autoren die Emissionen verschiedener Brennstoffe für die gesamte Kette Well-to-Propeller.<sup>26</sup>

Description	Production				
	CH4 emissions FOSSIL per kg fuel [g_CH4/kg_fuel]	CO2 emissions FOSSIL per kg fuel [g_CO2/kg_fuel]	CO2 emissions FOSSIL per MJ fuel [g_CO2/MJ]	CO2 equivalent (CH4*28+CO2) per kg fuel [g_CO2eq/kg_fuel]	CO2 equivalent (CH4*28+CO2) per MJ fuel [g_CO2eq/MJ_fuel]
Diesel fuel (distillate with max. sulphur content of 10 ppm (e.g. according to DIN 51603-1 qualities) for inland water transportation according to EU directive 2009/30/EG	1,80	594,2	13,9	644,5	15,0
Low Sulphur Marine Gas Oil (low sulphur distillate fuel oil similar to DMA with reduced S-content = 0.1%)	1,69	482,5	11,3	529,8	12,4
Heavy Fuel Oil medium quality (medium quality HFO similar to RME180 with S = 2,5 %)	1,56	371,3	9,1	414,9	10,2
Heavy Fuel Oil low quality (low quality HFO similar to RMK380 with S = 3,5 % and )	1,52	343,7	8,6	386,3	9,7
Ultra Low Sulphur Heavy Fuel Oil (ULSHFO similar to RMD80 with heavily reduced sulphur content, S = 0.1 %)	1,66	572,18	13,6	618,72	14,70
Methanol from steam reforming of natural gas	2,18	442,3	22,3	503,5	25,4
LNG2 (Liquefied Natural Gas <b>Medium</b> , LCA data calculated for <b>EU import mix</b> )	3,12	515,1	10,5	602,5	12,3
LNG4 (liquefied shale gas US)	28,70	745,7	15,0	1549,4	31,2

23 Meyer, F., Hochschule Emden Leer (2013). „Methanverlust beim Einsatz von LNG als Kraftstoff in Gas- und Dual-Fuel-Motoren“, <http://docplayer.org/14425013-Methanverluste-beim-einsatz-von-lng-als-kraftstoff-fuer-otto-gas-und-dual-fuel-motoren-auf-schiffen.html>, Folie 9

Society for Gas as a Marine Fuel (sgmf) (2017). “Gas as a Marine Fuel an Introductory Guide“, <https://www.sgmf.info/assets/docs/sgmf-guide.pdf> Seite 7

24 Sagroll, W., Marine Service GmbH (2015). “LNG Lagerung und Transport“, <http://www.bto-consulting.com/4media/download/MarineServiceBTOConference2015.pdf>

25 Joint Operation for Ultra Low Emission Shipping (Joules-Project) (2014). “Fuel Table“, [http://www.joules-project.eu/joules/results/knowledge\\_base#anker3](http://www.joules-project.eu/joules/results/knowledge_base#anker3)

26 MEYER WERFT GmbH & Co. KG (2017). NABU-Konferenz „Zukunft auf den Weltmeeren“ „Energiewende im Schiffbau“, <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/abgasrunde/171208-nabu-gerhard-untied-meyer-werft.pdf> Folien 10-13



## 5. Anlagen

Bisherige Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste zur Thematik liegen als Anlage dieser Arbeit bei.

- 1) Wissenschaftliche Dienste (2014). „Erdgasverluste bei der Erdgasförderung“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-095/14
- 2) Wissenschaftliche Dienste (2018). „CO<sub>2</sub>-Bilanzen – Einzelfragen zu Energieträgern, insbesondere Flüssiggas“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-003/18
- 3) Wissenschaftliche Dienste (2018). „Literaturüberblick amerikanischer Studien zum Thema Hydraulic Fracturing“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-004/18

## 6. Quellen

Balcombe, P., Sustainable Gas Institute (SGI) (2016). “Methane emissions from the natural gas supply chain”, UNECE, 3rd Session Group of Experts on Gas, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3\\_April.2016/21pm/7\\_Balcombe.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3_April.2016/21pm/7_Balcombe.pdf)

Darani, H., Carbon Limits AS (2016). „Experience with methane emission mitigation in Eurasia”, UNECE, 3rd Session Group of Experts on Gas, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3\\_April.2016/21pm/5\\_Derani.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg3_April.2016/21pm/5_Derani.pdf)

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (2016). Folienvortrag „Carbon Footprint von Erdgas – Kritische Überprüfung der Default-Werte der Treibhausgasvorkettenemissionen von Erdgas“, Download über: [http://www.dbi-gut.de/emissionen.html?file=files/HIPS\\_net/Emissionen/.../Presentation](http://www.dbi-gut.de/emissionen.html?file=files/HIPS_net/Emissionen/.../Presentation)

Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA) (2014). „LNG in Deutschland Flüssigerdgas und erneuerbares Methan im Schwerlastverkehr“, [http://www.lbst.de/download/2014/LNG\\_in\\_Deutschland\\_Fluessigerdgas\\_und\\_erneuerbares\\_Methan\\_im\\_Schwerlastverkehr.pdf](http://www.lbst.de/download/2014/LNG_in_Deutschland_Fluessigerdgas_und_erneuerbares_Methan_im_Schwerlastverkehr.pdf)

Haugland, T., Drabik, M., UNECE Carbon Limits (2018). “UNECE Best Practice Guidance on Reducing Methane Emission”, “Methane Management in Extractive Industries (Upstream Oil and Gas / Downstream Gas)”, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Torleif\\_Haugland\\_Michal\\_Drabik.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Torleif_Haugland_Michal_Drabik.pdf)

International Gas Union (2015). “World Gas Conference 2015” Programme Committee D.4 Study Group Report “Life Cycle Assessment of LNG“, [http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field\\_file/LNGLifeCycleAssessment.pdf](http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/LNGLifeCycleAssessment.pdf)

Karion, A. et al. (2013). „Methane emissions estimate from airborne measurements over a western United States natural gas field“, Geophysical Research Letters, Vol. 40, 4393–4397, DOI: 10.1002/grl.50811, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/grl.50811>

Löfken, Jan (2013). „Klimarisiko Erdgas: Methanleckagen bei Gasförderung größer als vermutet“, Wissenschaft aktuell vom 19.08.2013, [http://www.kpz-solar.de/pp/Klimarisiko\\_Erdgas.pdf](http://www.kpz-solar.de/pp/Klimarisiko_Erdgas.pdf)

Lowell, D., Wang, H., Lutsey, N. The International Council on Clean Transportation (icct) (2013). White Paper “Assessment of the fuel cycle impact of liquefied natural gas as used in international shipping”, [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTwhitepaper\\_MarineLNG\\_130513.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTwhitepaper_MarineLNG_130513.pdf)

Lyon, D. R. (2016). „Methane Emissions from the Natural Gas Supply Chain“, in “Environmental and Health Issues in Unconventional Oil and Gas Development”, Elsevier Inc., Amsterdam, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128041116000030>

Marcogaz, UNECE (2018). „Industry workshop on reducing methane emissions from the gas sector“, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Tdt\\_R.Kenter\\_Benjamin.deVille.de.Goyet\\_Marcogaz.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Tdt_R.Kenter_Benjamin.deVille.de.Goyet_Marcogaz.pdf)

Meyer, F., Hochschule Emden Leer (2013). „Methanverlust beim Einsatz von LNG als Kraftstoff in Gas- und Dual-Fuel-Motoren“, <http://docplayer.org/14425013-Methanverluste-beim-einsatz-von-lng-als-kraftstoff-fuer-otto-gas-und-dual-fuel-motoren-auf-schiffen.html>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2016). “Study finds fossil fuel methane emissions greater than previously estimated”, <http://www.noaa.gov/media-release/study-finds-fossil-fuel-methane-emissions-greater-than-previously-estimated>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Monitoring–System: CarbonTracker-CH4: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker-ch4/summary.html>

Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. (2016), „LNG als Schiffstreibstoff“, <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/161125-nabu-position-lng.pdf>

Öko-Institut e.V. für Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW) (2007). Kurzbericht „Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorketten“, [http://iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/GEMIS/2007\\_thg\\_fossil\\_BGW.pdf](http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2007_thg_fossil_BGW.pdf)

Saddler, H. Pitt & sherry, (2012). „Review of literature on international best practice for estimating greenhouse gas emissions from coal seam gas production“, <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/d7e4309d-676d-4d41-9b66-44e05e2b777e/files/coal-seam-gas-literature-review-2012.pdf>

Sagroll, W., Marine Service GmbH (2015). “LNG Lagerung und Transport”, <http://www.bto-consulting.com/4media/download/MarineServiceBTOConference2015.pdf>

Seuret, B., GRT gaz, UNECE (2018). “A TSO proactive approach to cut down methane emissions“, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Tdt\\_GRT-gaz\\_Bertrand.Seuret.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Tdt_GRT-gaz_Bertrand.Seuret.pdf)

Society for Gas as a Marine Fuel (sgmf) (2017). “Gas as a Marine Fuel an Introductory Guide“, <https://www.sgmf.info/assets/docs/sgmf-guide.pdf>

Sustainable Gas Institute (SGI) (2015). “Understanding methane and carbon dioxide emissions from the natural gas supply chain”, [http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2015/09/SGI\\_Briefing\\_Sheet\\_methane-and-CO2-emissions-in-the-supply-chain.pdf?noredirect=1](http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2015/09/SGI_Briefing_Sheet_methane-and-CO2-emissions-in-the-supply-chain.pdf?noredirect=1)

Sustainable Gas Institute (SGI) (2015). „Methane and CO2 emissions from the natural gas supply chain”, Download über [WWW.SUSTAINABLEGASINSTITUTE.ORG/WHITE-PAPER-1](http://WWW.SUSTAINABLEGASINSTITUTE.ORG/WHITE-PAPER-1)

The global oil and gas industry association for environmental and social issues (IPIECA) (2018). „Methane Glossary“, <http://www.ipieca.org/resources/awareness-briefing/methane-glossary/>

The global oil and gas industry association for environmental and social issues (IPIECA) (2015). “Exploring methane emissions”, <http://www.ipieca.org/resources/fact-sheet/exploring-methane-emissions/>

UNECE (2018). “Workshop on reducing methane emissions from the gas sector”, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5\\_ws\\_March2018/Tdt\\_Kamila.Piotrowska\\_IOGP.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geg/geg5_ws_March2018/Tdt_Kamila.Piotrowska_IOGP.pdf)

UNECE (2018). Linkliste der Workshopbeiträge “Workshop on reducing methane emissions from the gas sector”, <https://www.unece.org/index.php?id=48273>

Wissenschaftliche Dienste (2014). „CO2-Bilanzen – Einzelfragen zu Energieträgern, insbesondere Flüssiggas“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-003/18, <http://www.bundestag.de/blob/550728/61522d07688eb301e4edf6b8d2e68f41/wd-8-003-18-pdf-data.pdf>

Wissenschaftliche Dienste (2014). „Erdgasverluste bei der Erdgasförderung“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-095/14, <https://www.bundestag.de/blob/416930/808896c1723c80eba8d9621ad2a7e49a/wd-8-095-14-pdf-data.pdf>

Wissenschaftliche Dienste (2018). „Literaturüberblick amerikanischer Studien zum Thema Hydraulic Fracturing“ Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-004/18, <http://www.bundestag.de/blob/550730/b9e21a2188d5d63c4f2ed02e6841f735/wd-8-004-18-pdf-data.pdf>

\*\*\*